

学校编码: 10384

分类号\_\_\_\_\_密级\_\_\_\_\_

学 号: X200429004

UDC \_\_\_\_\_

## 硕 士 学 位 论 文

# 一种变频烧烤型微波炉的设计

## The Design of a barbecue-inverter Microwave Oven

黄 志 强

指导教师姓名: 陈 文 芾 教授

申请学位级别: 硕 士

专 业 名 称: 仪 器 仪 表

论文提交日期: 2008 年 12 月

论文答辩时间: 2009 年 2 月

学位授予单位: 厦 门 大 学

学位授予日期: 2009 年 6 月

答辩委员会主席:

评 阅 人:

2008 年 12 月

## 厦门大学学位论文原创性声明

本人呈交的学位论文是本人在导师指导下,独立完成的研究成果。本人在论文写作中参考其他个人或集体已经发表的研究成果,均在文中以适当方式明确标明,并符合法律规范和《厦门大学研究生学术活动规范(试行)》。

另外,该学位论文为( )课题(组)的研究成果,获得( )课题(组)经费或实验室的资助,在( )实验室完成。(请在以上括号内填写课题或课题组负责人或实验室名称,未有此项声明内容的,可以不作特别声明。)

声明人(签名):

年 月 日

## 厦门大学学位论文著作权使用声明

本人同意厦门大学根据《中华人民共和国学位条例暂行实施办法》等规定保留和使用此学位论文，并向主管部门或其指定机构送交学位论文（包括纸质版和电子版），允许学位论文进入厦门大学图书馆及其数据库被查阅、借阅。本人同意厦门大学将学位论文加入全国博士、硕士学位论文共建单位数据库进行检索，将学位论文的标题和摘要汇编出版，采用影印、缩印或者其它方式合理复制学位论文。

本学位论文属于：

（        ） 1. 经厦门大学保密委员会审查核定的保密学位论文，  
于        年        月        日解密，解密后适用上述授权。

（        ） 2. 不保密，适用上述授权。

（请在以上相应括号内打“√”或填上相应内容。保密学位论文应是已经厦门大学保密委员会审定过的学位论文，未经厦门大学保密委员会审定的学位论文均为公开学位论文。此声明栏不填写的，默认为公开学位论文，均适用上述授权。）

声明人（签名）：

年        月        日

## 摘要

微波炉的发明和发展已有 60 多年的历史。虽然微波炉的设计和制造技术已经相当成熟，但是人们对家用电器在智能性和安全性上要求越来越高，加上人们对可持续发展的要求，家用电器在设计方面要考虑的也越来越多。微波炉作为现代厨房不可缺少的烹饪电器也同样需要更高的设计要求。

文章给出了一种变频烧烤型微波炉的实现方案，并在此方案的基础上生产出商品。系统设计时重点考虑微波炉各部件位置的合理安排，同时在机箱结构和电子控制上设置多重安全保障措施，保证微波炉安全可靠的工作，避免微波对人体的伤害。

文章在结构设计中给出了主要微波元件设计尺寸的计算方法，确定了波导管和腔体的尺寸。在电路设计中，为了避免继电器通断时出现强电流切换，采用了过零通断的软开关技术，该技术大大减小了产品的 EMI 信号。为了保证在任何情况下使用安全，采用了继电器双驱动技术，该技术可保证在异常情况下零微波输出。为了使使用者有更好的人机界面，采用了蜂鸣器衰减音控制，使提示音柔和而动听；采用旋转编码器进行微波炉的功率设定，使微波炉更方便使用，调理性能更加完美。

在软件设计方面，充分考虑时间和空间关系，对程序进行合理规划，合理利用 MCU 资源，使程序运行非常稳定可靠。采用单一清 WDT 计数器指令。信号采样以多次检测方式排除干扰。功能完整、关联性很小的子程序设计，使功能变动更加灵活。对于按键长按或短按操作、声音控制、PWM 信号控制、显示与按键信号检测等程序做巧妙的设计。

文章最后对整机的性能、安全性、电磁兼容等指标按国际通用的标准进行完整测试，测试结果符合各项测试要求。

**关键词：**变频微波炉；MCU；电路设计；软件设计；电磁兼容

## Abstract

The development of microwave oven can be traced back to 60 years ago. The design and manufacturing technology of microwave oven now is very mature. However, due to people's increasing demand on the intelligence and security of home appliances and the purchasing of sustainable development, more and more aspects must be taken into account when designing the household appliances. Modern kitchen microwave oven, as an indispensable cooking appliance, needs a higher design requirements too.

The article presents one realization program of a barbecue-inverter microwave ovens and explains how to produce the finished product. System design focus on arrange the reasonable position of the all components. At the same time, a set of safety measures is applied to the structure of the oven and electronic control to ensure the reliability and prevent the harm of microwave to human health.

In the explanation of its structure design, this article presents the size calculation method of the main microwave components and thus determines the size of waveguide and cavity. In the circuit design, it adopts a zero off the soft-switch technology to avoid the sudden strong currents cutting-off resulted from the relay switch break-off. In this way, it also greatly reduces the EMI signal of the product. In order to ensure safe use under any circumstances, it applies the dual-drive relay technology, which can guarantee zero microwave output at unusual circumstances. To create a better user interface, it uses a buzzer sound attenuation control to produce soft and sweet sound. Rotary encoder is used for microwave power setting to perfect performance.

In software design, fully considering the relationship between the

time and space, it makes reasonable procedures for planning and rational ly uses MCU resources to run a very stable and reliable program. A single command is used for WDT counter clear. Tests are repeated many times for signal detection to reject interference. Functional integrity and small relevance of subroutine design make all function more flexible. Ingenious designs are also applied to short or long key press, voice control, PWM control signal, display, keys signal detection, etc.

Finally, the article shows the test results on the whole performance, safety, electromagnetic compatibility, and other indicators according to internationally accepted standards. The test results are in line with the requirements of the test.

Keywords: Inverter Microwave Oven; MCU; Circuit Design; Software Design; EMC

# 目 录

<b>第一章 绪论</b>	<b>1</b>
1.1 微波炉发展概述	1
1.1.1 微波炉的发明	1
1.1.2 微波的热效应	1
1.1.3 微波炉加热原理	2
1.1.4 微波炉的发展	2
1.2 变频微波炉	3
1.2.1 变频技术的发展	3
1.2.2 变频技术在微波炉上的应用	4
1.3 本文内容的安排	4
<b>第二章 变频微波炉的系统设计</b>	<b>5</b>
2.1 系统实现目标 and 设计原则	5
2.1.1 实现目标	5
2.1.2 设计原则	6
2.2 系统总体方案	6
2.2.1 系统的总体方块图	6
2.2.2 系统设计规划	8
<b>第三章 变频微波炉的结构设计</b>	<b>9</b>
3.1 微波炉的基本结构	9

3.2 系统各部分的说明	11
3.2.1 磁控管	11
3.2.2 波导管	13
3.2.3 微波炉腔体	16
3.2.4 微波炉门	17
3.2.5 安全开关系统	19
3.2.6 其它	20
<b>第四章 系统硬件设计</b>	<b>21</b>
4.1 控制板电路	22
4.1.1 控制板电源电路	22
4.1.2 显示及按键电路	24
4.1.3 继电器控制电路	29
4.1.4 蜂鸣器驱动电路	31
4.1.5 门开关检测电路	32
4.1.6 电源相位检测电路	32
4.1.7 编码器电路	33
4.1.8 MCU 及其它相关电路	34
4.2 转换器电路	40
4.2.1 转换器电源电路	40
4.2.2 转换器电流检测电路	42
4.2.3 转换器电压检测电路	42
4.2.4 高频变压器初级电路及 IGBT 驱动电路	42
4.3 高压电路	46



4.4 滤波电路	47
----------	----

## 第五章 系统软件设计

5.1 系统的软件规划	48
5.1.1 系统需求分析	48
5.1.2 软件规划	50
5.2 主程序设计	50
5.3 中断处理程序	52
5.3.1 中断逻辑	52
5.3.2 中断响应过程	53
5.3.3 中断程序设计	53
5.4 显示扫描程序	66
5.5 延时程序	67
5.6 工作计时及控制程序	67
5.7 时钟计时程序	69
5.8 叫声控制程序	70
5.9 编码器信号处理程序	72
5.10 显示数据处理程序	74
5.11 门状态检测	76
5.12 按键扫描程序	77
5.13 按键处理程序	77

## 第六章 系统测试评估

6.1 微波炉腔体的匹配	81
6.1.1 微波炉匹配状态的基本判断	81
6.1.2 匹配后测试结果	82

6.2 整机基本功能评估	83
6.3 电气性能评估	83
6.3.1 微波输入输出功能测试	83
6.3.2 其它性能测试	84
6.4 EMC 评估	85
<b>第七章 总结与展望</b>	<b>91</b>
7.1 总结	91
7.2 展望	91
<b>附录 EM78P447 指令集</b>	<b>93</b>
<b>参考文献</b>	<b>95</b>
<b>致谢</b>	<b>99</b>

# Contents

Chapter 1 preface	1
1.1 Introduction of microwave oven's development	1
1.1.1 The invention of microwave oven	1
1.1.2 Heating effect of microwave	1
1.1.3 Principle of microwave oven heating	2
1.1.4 Development of microwave oven	2
1.2 Inverter Microwave oven	3
1.2.1 Inverter technology development	3
1.2.2 Microwave oven use of inverter technology	4
1.3 Arrangement of the article	4
Chapter 2 System design of inverter microwave oven	5
2.1 Objective and design principle of the system	5
2.1.1 Objective	5
2.1.2 Design principle	6
2.2 Whole system project	6
2.2.1 Block diagram of whole system project	6
2.2.2 Planning of system design	8
Chapter 3 Structure design of inverter microwave oven	9

3.1 Basic structure of microwave oven -----	9
3.2 Introduction of all parts -----	11
3.2.1 Magnetron -----	11
3.2.2 Waveguide tube -----	13
3.2.3 Enclosure of microwave oven -----	16
3.2.4 Door of microwave oven -----	17
3.2.5 Safety switch system -----	19
3.2.6 Others -----	20
Chapter 4 Hardware design of the system -----	21
4.1 Control PCB circuit -----	22
4.1.1 Power of control PCB -----	22
4.1.2 Display and keys -----	24
4.1.3 Relay control -----	29
4.1.4 Buzzer drive -----	31
4.1.5 Door test -----	32
4.1.6 Power phase test -----	32
4.1.7 Encoder -----	33
4.1.8 MCU and others -----	34
4.2 Inverter circuit -----	40
4.2.1 Inverter power -----	40
4.2.2 Current test of inverter -----	42
4.2.3 Voltage test of inverter -----	42
4.2.4 Circuit of primary HV transformer and IGBT drive -----	42

4.3 HV circuit -----	46
4.4 Filter circuit -----	47
Chapter 5 Software design of the system -----	48
5.1 Software plan of the system -----	48
5.1.1 Analysis of system requirements -----	48
5.1.2 Planning of software -----	50
5.2 Main program design -----	50
5.3 Interrupt program -----	52
5.3.1 Interrupt logic -----	52
5.3.2 Response of interrupt -----	53
5.3.3 Design of interrupt program -----	53
5.4 Program of display -----	66
5.5 Delay program -----	67
5.6 Time count and control -----	67
5.7 Clock count -----	69
5.8 Sound control -----	70
5.9 Deal with encoder signal -----	72
5.10 Deal with display data -----	74
5.11 Door status test -----	76
5.12 Keys scan -----	77
5.13 Deal with key signal -----	77
Chapter 6 System test and evaluate -----	81

6.1 Match enclosure -----	81
6.1.1 Match status estimate -----	81
6.1.2 Test results after match -----	82
6.2 Base function test -----	83
6.3 Evaluation of electric performance -----	83
6.3.1 Input and output power test -----	83
6.3.2 Other performance test -----	84
6.4 EMC test -----	85
Chapter 7 Summary and prospect -----	91
7.1 Summary -----	91
7.2 Prospect -----	91
Appendix Instruction of EM78P447 -----	93
Reference document -----	95
Thanks -----	99

## 第一章 绪论

### 1.1 微波炉发展概述

微波炉是一种完全不同于传统加热方式的烹饪工具，自第一台微波炉诞生至今已有 60 多年的历史，现已非常的普及，它的发展给人们带来了诸多的方便。

#### 1.1.1 微波炉的发明

1945 年美国雷声公司技术员珀西·斯宾塞（Dr. Percy Spencer）观察到微波能使周围的物体发热。一次，当他走过微波发射器时，身体有热感，发现装在口袋内的糖果被微波溶化。此后，他试验证实了微波能使物体发热的实事，雷声公司受斯宾塞实验的启发，1947 年推出了第一台家用微波炉。1965 年，乔治·福斯特对微波炉进行大胆改造，与斯宾塞一起设计了一种耐用和价格低廉的微波炉。1967 年，微波炉新闻发布会兼展销会在芝加哥举行，获得巨大成功。从此，微波炉逐渐走入了千家万户。微波炉成为改变人类生活的一项重大发明。

#### 1.1.2 微波的热效应

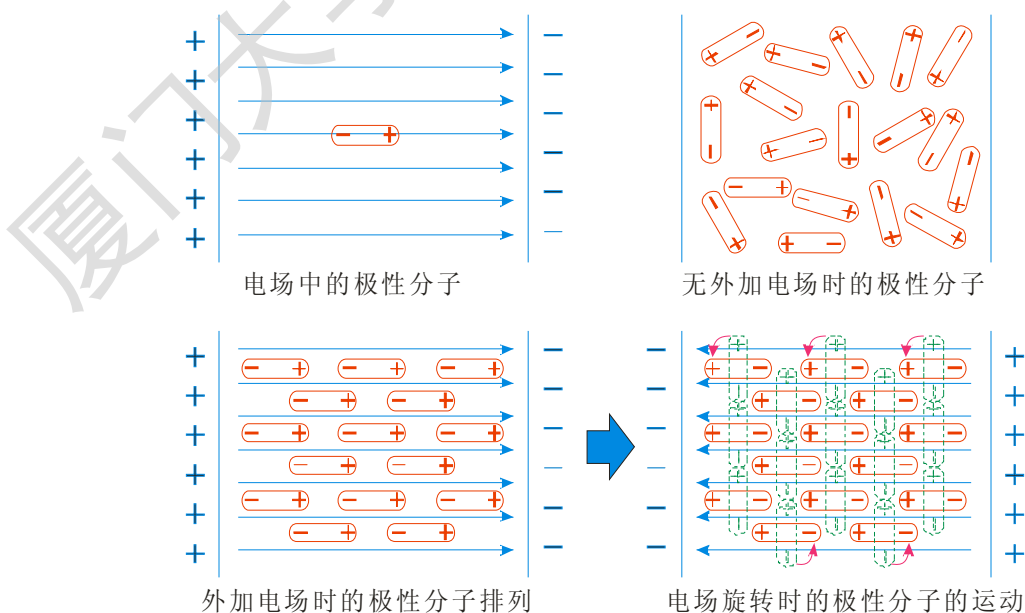


图 1-1 微波热效应示意图

微波能量被介质材料吸收而转化为热能的现象，表现为微波能量在材料中的总损耗。在微波场的作用下，电介质的极性分子从原来杂乱无章的热运动改变为按电场方向取向的规则运动，而热运动以及分子间相互作用力的干扰和阻碍则起着类似于内摩擦的作用，将吸收的电场能量转化为热能，使电介质的温度随之升高。电场能量的损耗以介质损耗角正切  $\tan \delta$  或介电常数的虚部  $\epsilon''$  作定量表示。 $\tan \delta$  越大，微波热效应越显著。带有松弛离子的电介质和有漏导损耗的介质也会消耗微波电磁场能量而发热。微波场在磁介质中的损耗有介电损耗和磁损耗。介电损耗仍用介质的损耗角正切表示，它与材料的电阻率有关，电阻率越大，介电损耗越小。磁损耗又称阻尼损耗，它与导磁率的虚部  $\mu''$  成正比。微波电磁场的功率过大，将会使磁介质的温度过高；若热平衡系统受到破坏，则会导致材料饱和磁化强度下降，甚至变为顺磁材料。

### 1.1.3 微波炉加热原理

家用微波炉微波频率为 2450MHz 的高频电磁波，当微波照射在理想导电金属表面上将被全反射。照射在介质表面则有一小部分被反射，而大部分能穿透到介质内部，并在内部逐渐被介质吸收而转变为热能，其穿透深度主要决定于介质的介电常数和电磁波的频率。在微波频率下对一般物体其穿透深度可达几厘米。微波炉腔体由金属制成，微波烹饪器皿由绝缘的玻璃、陶瓷、塑料等制成，一般食物中都含有大量的水等极性分子。这样微波炉内的微波传到腔体就反射回来，并可穿过盛食物的器皿直接进入食物中，食物中的水分子剧烈振动，产生大量的热能，导致食物温度迅速升高。因用微波炉烹饪，热量可直接在食物内部产生，相比其它炉灶对食物的加热速度快 4 到 10 倍，热效率高达 80% 以上，并且很少有油烟产生。微波炉由于烹饪时间短，能很好的保持食物中的维生素和天然风味。

### 1.1.4 微波炉的发展

微波炉因其突出的烹饪效果，早已被人们广泛的接受，成为现代城市生活中不可缺少的烹饪工具。据统计，现全球每年微波炉的市场大约为 6000 万台，如此大的市场促进了微波炉生产厂的竞争。为满足市场的要求不断的增强微波炉的功能，并尽可能的控制原料成本。随着人们生活水平的提



Degree papers are in the "[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)". Full texts are available in the following ways:

1. If your library is a CALIS member libraries, please log on <http://etd.calis.edu.cn/> and submit requests online, or consult the interlibrary loan department in your library.
2. For users of non-CALIS member libraries, please mail to [etd@xmu.edu.cn](mailto:etd@xmu.edu.cn) for delivery details.

厦门大学博硕士论文摘要库